

Effet de l'équilibre potassium-azote en fertigation sur la productivité et la qualité de trois variétés de fraise

A. NAKRO¹, C. KHOULALI¹, A. BAMOUH¹

(Reçu le 09/02/2020; Accepté le 24/06/2020)

Résumé

L'objectif du présent travail de recherche est d'évaluer l'équilibre potassium-azote sur les paramètres de production et de qualité des trois principales variétés de fraise au Maroc (Fortuna, San Andreas et Sabrina). L'expérimentation a été conduite durant la campagne 2017-2018 en deux essais: 1) en serre de production à la station expérimentale de l'INRA-Larache, 2) en hors sol à la serre expérimentale de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat. Les programmes de fertilisation testés ont un équilibre K_2O/N croissant durant la phase végétative: 1,2; 1,7; 2,4; 3,0 et décroissant durant la phase de production: 2,0; 1,7; 1,1; 0,9. La fertilisation totale en N, P, K, Ca et Mg est identique pour tous les traitements. Le dispositif expérimental est un split-plot à trois répétitions. Les résultats ont montré qu'un programme avec les ratios 2,4/1,1 était supérieur aux autres programmes en améliorant les paramètres de productivité et de qualité des fraises. L'apport d'une solution nutritive avec un rapport K_2O/N de 2,4 durant la période végétative et 1,1 durant la période de production de fruits a augmenté le taux de chlorophylle de 12,7%, le calibre des fruits de 9%, le rendement de 2,3 T/ha (6%) et la teneur en sucre de 13%. Le programme de fertilisation avec un K_2O/N de 2,4/1,1 devrait être adopté pour améliorer la productivité et la qualité des fraises marocaines.

Mots clés: Fraise, variété, équilibre, potassium, azote, fertigation, productivité, qualité

Effect of potassium-nitrogen balance on yield and quality of three strawberry cultivars

Abstract

The purpose of this research is to evaluate the effect of potassium-nitrogen balance on productivity and quality parameters of three strawberry cultivars under Moroccan conditions. The experiment was conducted during 2017-2018 in two trials: 1) Field trial in production greenhouse at INRA-Larache, 2) Soilless trial in experimental greenhouse at IAV Hassan II-Rabat. The fertilization programs tested have increasing potassium-nitrogen ratio during the vegetative period: 1.2, 1.7, 2.4, 3 and decreasing it during the fruit production period: 2, 1.7, 1.1, 0.9. The total fertilization N, P, K, Ca and Mg provided was the same for all treatments. The experimental design is a split-plot with three replications. The results showed that a program with 2.4/1.1 ratios was superior to the others programs on the improvement of productivity and quality parameters of strawberry fruit. The use of nutritional solution with 2.4 ratio of K_2O/N during the vegetative period and 1.1 during the fruit production period increased chlorophyll level by 12.7 %, caliber by 9 %, yield by 2.3 T/ha (6 %) and sugar content by 13 %. The fertilization program with K_2O/N "2.4/1.1" should be adopted to improve productivity and quality of Moroccan strawberry fruit.

Keywords: Strawberry, cultivar, potassium, nitrogen, balance, productivity, quality

INTRODUCTION

La fraise (*Fragaria*) est l'une des cultures fruitières les plus répandues au monde. Au Maroc, ce petit fruit est cultivé dans la région de Loukkos-Gharb et concerne 593 exploitations de 0,2 à 70 ha. La superficie cultivée ainsi que la production ont évolué de manière significative passant de 750 ha avec 31 000 T récoltées en 1995 à 3 537 ha en 2018 avec une production moyenne de 153 000 T dont 90% des fruits, frais ou congelé, sont destinés à l'export (EACCE, 2018).

Pour rester sur le marché européen, un programme de diversification variétale a été initié par les agriculteurs marocains depuis 2010 visant à introduire de nouvelles variétés de fraises de performances supérieures en termes de précocité, de qualité organoleptique, de résistance aux maladies et de conservation. Pour révéler le potentiel génétique des variétés, une conduite adéquate du fraisier est nécessaire, en particulier la fertilisation. En effet, la nutrition minérale n'affecte pas seulement le rendement, mais également les paramètres de qualité de la fraise.

Le potassium et l'azote sont les éléments minéraux les plus importants pour la fraise. L'azote est un élément primordial pour le développement végétatif et le potassium est un facteur déterminant de la qualité des fruits et les deux

éléments ont un impact significatif sur la qualité des fruits et le rendement des fraises (Tagliavini, 2004; Macit *et al.*, 2007). Sánchez (2017) a montré à travers l'analyse des courbes d'absorption des éléments minéraux par la fraise, que le potassium est le macroélément le plus absorbé suivi de l'azote.

Selon Rodas *et al.* (2013), les propriétés physiques et chimiques de la fraise, telles que la couleur externe, le pH, la teneur en sucre et en acide citrique, sont influencées par des doses combinées d'azote et de potassium apportées en fertigation. De nombreuses études menées sur la fraise pour rechercher le rapport K_2O/N optimal rapportent des valeurs de: 1,64 (Tagliavini *et al.*, 2005), 1,54 (Yoon *et al.*, 2014, Lieten et Misotten, 1993), 2,05 (Sánchez, 2017), 1,72 (Rodas *et al.*, 2013) et 2,60 (Tohidloo *et al.*, 2018). Ces valeurs sont supérieures au ratio K_2O/N adopté par les agriculteurs marocains, qui est de 1,2 en phase végétative du fraisier. Par conséquent, le concept d'équilibre entre les éléments minéraux est très important dans la gestion de la fertilisation pour augmenter la productivité et améliorer la qualité des fraises.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de l'équilibre potassium-azote sur les paramètres de production et de qualité de trois variétés de fraise dans les conditions marocaines.

¹ Département des Production, Protection, et Biotechnologie Végétales, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Site expérimental et substrat

L'expérimentation a été menée au cours de la campagne 2017-2018 en deux essais: 1) Au champ en serre de production à la station expérimentale de l'INRA-Larache, 2) en hors sol à la serre expérimentale de l'IAV Hassan II-Rabat, dont le substrat utilisé est le sable grossier. Le sol de la station expérimentale de Larache est caractérisé par une texture sableuse et un pH de 6,45.

L'essai au champ a été conduit sous un grand tunnel sur trois lignes de 60 m de longueur chacune plantées par séries de deux rangs avec le goutte à goutte comme système d'irrigation et de fertigation. L'essai hors sol a été réalisé en pots de 12 litres. Les pots ont été individuellement équipés de réservoirs de fertigation et de drains avec robinet pour récupérer le drainât et permettre la gestion de la fertigation.

Matériel végétal et programmes de fertilisation

Quatre programmes de fertilisation ont été testés: S1, S2, S3 et S4, dont l'équilibre potassium-azote est croissant durant la phase végétative et décroissant durant la phase de production des fruits:

- **S1:** une solution nutritive témoin, pratique courante des agriculteurs, avec un ratio K_2O/N faible durant la période végétative (1,2) et élevé durant la phase reproductive (2).
- **S2:** une solution qui contient le même ratio K_2O/N durant tout le cycle.
- **S3:** une solution avec un ratio K_2O/N élevé durant la phase végétative, et faible durant la phase reproductive.
- **S4:** une solution avec un ratio K_2O/N très élevé durant la phase végétative, et très faible durant la phase reproductive.

Dans l'essai au champ, trois variétés de fraises ont été plantées le 14 novembre 2017: Fortuna (V1), San Andreas (V2) et Sabrina (V3), sur trois lignes de 60 m de long, à une densité de 48 plants par parcelle élémentaire irriguée en goutte à goutte et alimenté par trois programmes de fertilisation: S1 (1,2 / 2), S2 (1,7 / 1,7) et S3 (2,4 / 1,1).

Dans l'essai en hors sol, deux variétés de fraises ont été plantées le 02 décembre 2017: V1 et V2, dans 24 pots, avec une densité de 7 plants par pot de 12 litres, nourris individuellement avec quatre programmes de fertigation S1, S2, S3 et S4 (3/0,9).

Les deux essais ont été conduits en un dispositif expérimental split-plot en trois répétitions.

Mesures et observations

Au cours du cycle de la fraise, plusieurs observations et mesures ont été réalisées pour évaluer l'effet en fertigation de quatre solutions nutritives à différents ratios K_2O/N dans les deux importantes phases phénologiques de la culture (périodes de production végétative et fruitière), sur les paramètres de croissance, de production et de qualité de trois variétés de fraises.

La croissance végétative a été déterminée en mesurant le taux de chlorophylle des feuilles (CCM-200 plus Opti-Sciences, États-Unis) et la résistance stomatique (AP4 de Delta-T Devices, Royaume-Uni).

Les paramètres de production tels que le nombre de fleurs, le poids moyen des fruits et le rendement total ont été déterminés.

Les paramètres de qualité ont concerné la teneur en sucre ($^{\circ}$ Brix) mesurée par un réfractomètre numérique (HI, 96801 de Hanna Instruments, USA), l'acidité des fruits par titrage avec NaOH (OEDC, 2009) et le taux de matière sèche déterminé en pesant l'échantillon de fruits avant et après séchage à l'étuve, pendant 48 h, à 80°C.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'objectif de cette recherche est d'évaluer l'effet de l'équilibre potassium-azote sur les paramètres de production et de qualité de la fraise en testant quatre programmes de fertilisation pour optimiser l'efficacité d'utilisation des engrais azotés et potassiques dans les deux importantes phases phénologiques de la culture grâce à la gestion du sulfate de potassium dans la solution nutritive.

Effet de l'équilibre K_2O/N sur le taux de chlorophylle des feuilles

Dans l'essai au champ, le taux de chlorophylle foliaire mesuré 160 jours après la plantation a montré qu'il existe une différence significative entre les effets des solutions apportées en fertigation (Figure 1a). La solution nutritive S3 avec un rapport K_2O/N élevé pendant la période végétative a révélé le taux de chlorophylle foliaire le plus élevé pour les trois variétés étudiées (Figure 2a).

Dans l'essai en hors sol, la mesure du taux de chlorophylle des feuilles 92 jours après la plantation n'a montré aucune différence significative. Cependant, les résultats suivent les mêmes tendances que l'essai au champ (Figures 1b et 2b).

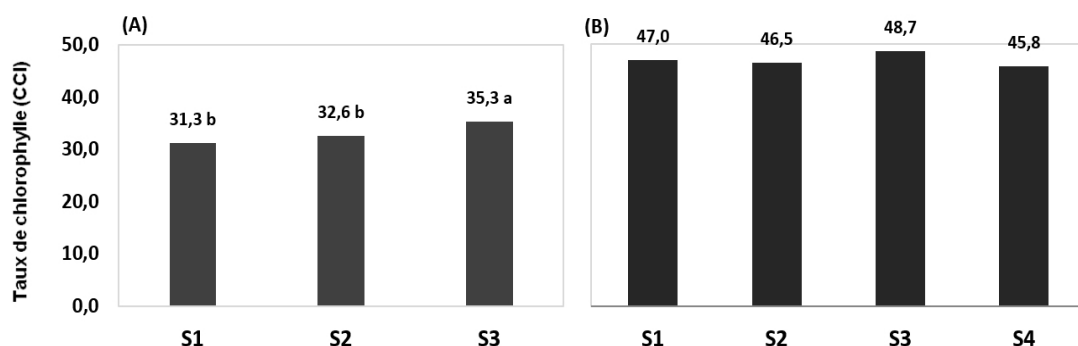


Figure 1: Effet de la solution nutritive sur le taux de chlorophylle des feuilles mesuré à (a) 160 jours après la plantation dans l'essai au champ (b) 92 jours après la plantation dans l'essai en hors sol

Les feuilles des plants de fraisiers ayant reçu plus de potassium pendant la période végétative ont un taux élevé en chlorophylle. Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par Maynard (1962), Babicz (2002), Hamano *et al.* (2002) et Yagmur *et al.* (2004) qui montrent que le potassium favorise l'absorption des nutriments par les plantes et augmente le taux de photosynthèse et donc le taux de chlorophylle des feuilles vu la forte relation entre les deux paramètres de croissance (Yan *et al.*, 2004). Le potassium est essentiel pour la synthèse des protéines, l'ouverture stomatique et l'activation enzymatique (Marschner, 2012). En raison de la forte demande d'azote pour la croissance végétative, il y a également une plus grande demande de potassium car il est essentiel dans la synthèse des protéines, l'ouverture des stomates et l'activation des enzymes (Marschner, 2012) et pour une utilisation efficace de l'azote (Kering *et al.*, 2013; Fageria, 2001). Saridaş *et al.* (2018) ont montré que la teneur en azote des feuilles était positivement corrélée avec le potassium. En effet, Lieten et Misotten (1993) et Tagliavini *et al.* (2005) ont montré que pendant la phase végétative jusqu'au stade des fruits verts, l'absorption du potassium est supérieure à celle de l'azote.

Effet de l'équilibre K_2O/N sur le rendement et le calibre des fraises

L'analyse de la variance dans l'essai au champ montre que les paramètres de production des plants de fraisiers ont été significativement affectés par l'équilibre potassium-azote. Les valeurs révèlent que le rendement et le calibre moyen les plus élevés ont été obtenus chez les plantes ayant reçu plus de potassium pendant la période végétative. Les figures 3 et 4 montrent que la solution nutritive S3 a augmenté le rendement et le calibre moyen des fruits de 6 % (2,4 T/ha) et 9 % respectivement pour les trois variétés de fraise par rapport à la solution témoin S1.

Selon Kikas et Libek (2005) un bon rendement dépend du choix de la variété et d'une nutrition minérale adéquate. En effet, une nutrition adéquate en potassium est associée à une augmentation des rendements et du calibre des fruits de nombreuses cultures horticoles (Kanai *et al.*, 2007).

Les résultats de notre essai montrent que le programme de fertilisation a de l'effet sur le rendement et le calibre des fruits de fraise des trois variétés (Figure 4). Ces résultats peuvent s'expliquer par l'effet du potassium, qui influence

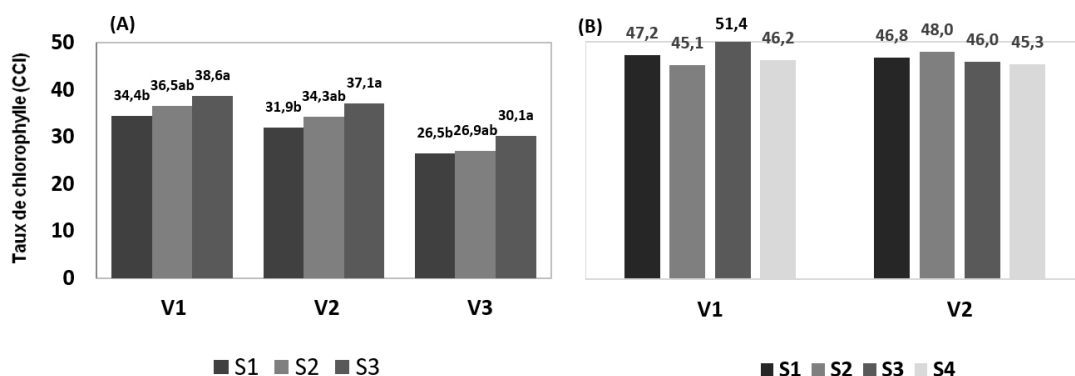


Figure 2: Effet de la variété sur le taux de chlorophylle des feuilles de fraise en fonction de la solution nutritive (a) au champ (b) en hors sol

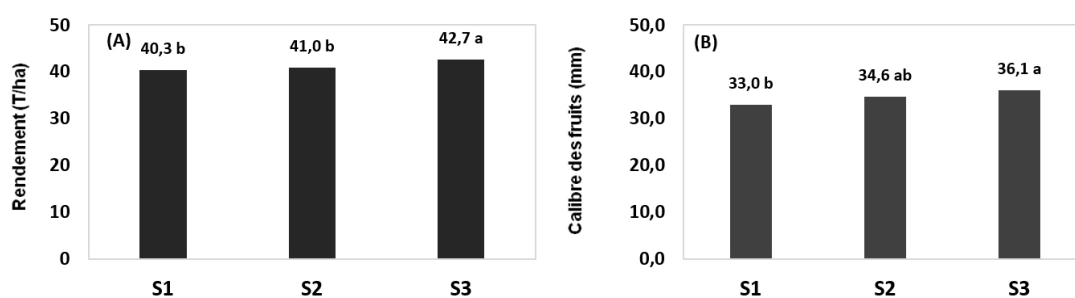


Figure 3: Effet de la solution nutritive sur le rendement (a) et le calibre (b) des fruits dans l'essai au champ

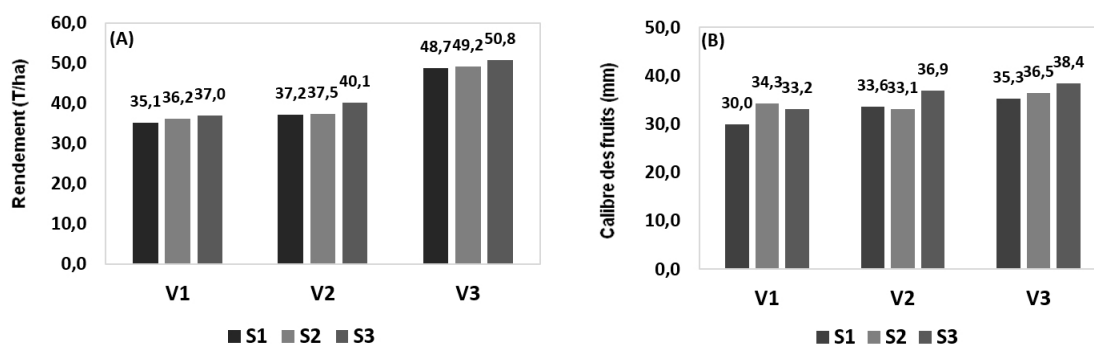


Figure 4: Effet de la variété sur le rendement (a) et le calibre (b) des fruits en fonction de la solution nutritive dans l'essai au champ

positivement et significativement le rendement (Akhtar *et al.*, 2003, Yagmur *et al.*, 2004). Plus de potassium dans la solution nutritive stimule la croissance des fraises en augmentant la synthèse des glucides en raison de l'augmentation de la teneur en chlorophylle, entraînant ainsi une augmentation du nombre de fruits par plante (Maynard, 1962). Selon El Nemr *et al.* (2012), une solution nutritive avec plus de potassium augmente le rendement des tomates. Ainsi, Lieten (2006) a montré qu'une faible concentration en potassium entraîne une perte de vigueur des plantes et une diminution du rendement. En effet, la production de fraises est maximisée grâce à la fertilisation potassique (Schwarz *et al.*, 2018).

Effet de l'équilibre K_2O/N sur la teneur en sucre ($^{\circ}Brix$) des fruits de fraise

Dans l'essai au champ, les plantes de fraises ayant reçu la solution nutritive S3 ont donné des fruits à une teneur en sucre plus élevée (Figure 5a) et ce pour les trois variétés (Figure 6a). Le programme de fertigation avec un rapport K_2O/N élevé pendant la période végétative et faible pendant la période de production de fruits a augmenté significativement la teneur en sucre des fraises de 12% dans l'essai au champ et de 6% dans l'essai en hors sol par rapport à la pratique de l'agriculteur. Le tableau 1 nous présente la teneur en sucre des fruits de fraise récoltés au

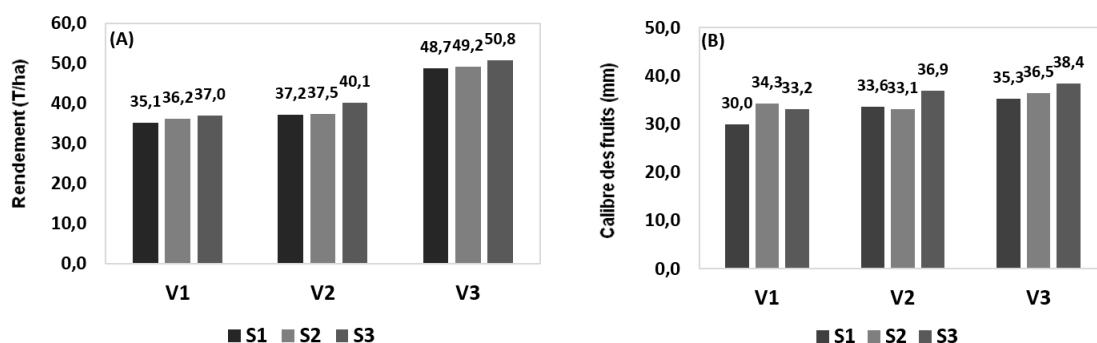


Figure 4: Effet de la variété sur le rendement (a) et le calibre (b) des fruits en fonction de la solution nutritive dans l'essai au champ

Tableau 1: Teneur en sucre des fruits de fraise récoltés à différentes dates dans l'essai au champ

Solution nutritive	Teneur en sucre (%)			
	8 Février 2018	23 Février 2018	23 Mars 2018	23 Avril 2018
S1	7,1	7,8 ^b	7,9 ^b	7,3 ^b
S2	6,9	8,0 ^b	8,2 ^b	7,3 ^b
S3	7,4	9,0 ^a	9,1 ^a	8,2 ^a

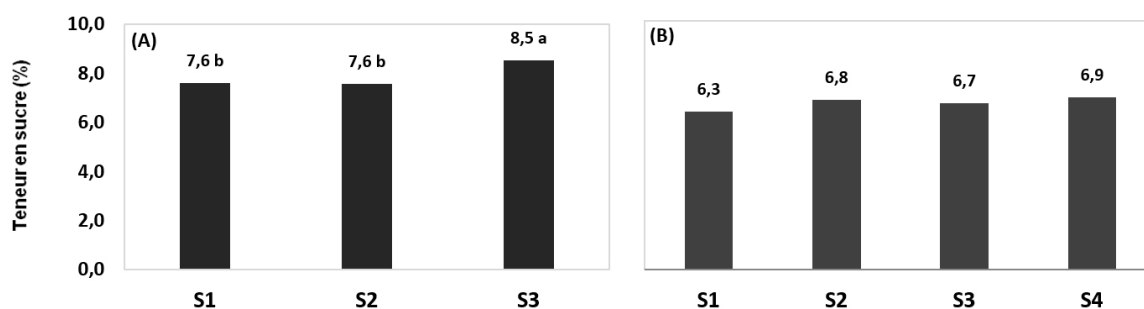


Figure 5: Effet de la solution nutritive sur la teneur en sucre des fruits de fraise récoltés dans l'essai (a) au champ (b) en hors sol

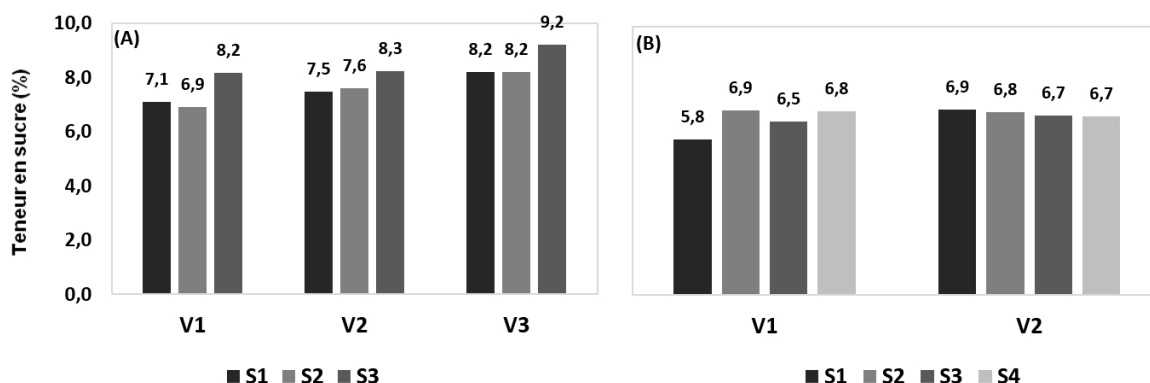


Figure 6: Effet de la variété sur la teneur en sucre des fruits de fraise en fonction de la solution nutritive dans l'essai (a) au champ (b) en hors sol

champ à différentes dates. En hors sol, il n'y a pas de différence significative entre les traitements en ce qui concerne la teneur en sucre.

Le potassium joue un rôle majeur dans la photosynthèse et le métabolisme des glucides. Un rapport K_2O/N élevé améliore le métabolisme du carbone dans les feuilles fonctionnelles (Ali *et al.*, 2018; Hafeez *et al.*, 2019) et un apport optimal en potassium permet une meilleure teneur en sucre des organes de réserve (Marschner *et al.*, 1995; Cakmak, 2005). Shirko *et al.* (2018) ont montré que la solution nutritive apportée durant la phase végétative affecte la teneur en sucre des fruits. Tel que rapporté par Rodas *et al.*, (2013), les propriétés physico-chimiques des fraises sont influencées par des doses combinées d'azote et de potassium apportées par fertigation et ont montré qu'un rapport K_2O/N d'environ 3,7 permet un degré Brix de 9. La tige d'une plante vivace, comme dans le cas de la fraise, appelée couronne, est un organe dont la fonction est de stocker les nutriments pendant les périodes hivernales, puis les transférer à la production végétative et reproductive (Gutiérrez, 2002; Tagliavini *et al.*, 2004). La plante du fraisier stocke le potassium dans les tissus de la tige pendant la période végétative et le réutilise pendant la phase à forte demande qui est la période de production (Chow *et al.*, 1992).

Effet de l'équilibre K_2O/N sur la teneur en acidité des fruits de fraise

Dans l'essai au champ, l'analyse de la variance montre que la teneur en acidité des fruits de fraises pour les trois variétés a été significativement affectée par l'équilibre potassium-azote. Pour les trois variétés de fraises, les plants ayant reçu la solution nutritive S3 ont donné des fruits à une teneur plus élevée en acidité (Figures 7 et 8). Le programme de fertigation avec un rapport K_2O/N élevé pendant la période végétative et faible pendant la période de production de fruits a augmenté significativement la teneur en acidité des fraises de 17% par rapport au programme témoin (S1).

Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par Rodas *et al.* (2013) et Shirko *et al.* (2018) qui montrent que la solution nutritive et les doses d'azote-potassium ont des effets significatifs sur la teneur en acidité des fraises. La teneur en acidité augmente avec l'apport d'une dose élevée de potassium (Winsor, 1973; Wuzhong, 2002; Yagmur *et al.*, 2004).

Effet de l'équilibre K_2O/N sur le taux de matière sèche

Le taux de matière sèche des traitements étudiés varie de 6,8 à 10 %. La solution S3 donne les taux les plus élevés en matière sèche (Figure 9). Le programme de fertigation avec un rapport K_2O/N élevé pendant la période végétative et faible pendant la période de production des fruits a augmenté la matière sèche des fruits de fraises pour les trois variétés (Figure 10).

Tableau 2: Teneur en acidité des fruits de fraise récoltés à différentes dates dans l'essai au champ

Solution nutritive	Teneur en acidité (%)			
	8 Février 2018	23 Février 2018	23 Mars 2018	23 Avril 2018
S1	0,55	0,57 ^b	0,57	0,59 ^b
S2	0,67	0,57 ^b	0,56	0,66 ^b
S3	0,74	0,70 ^a	0,60	0,69 ^a

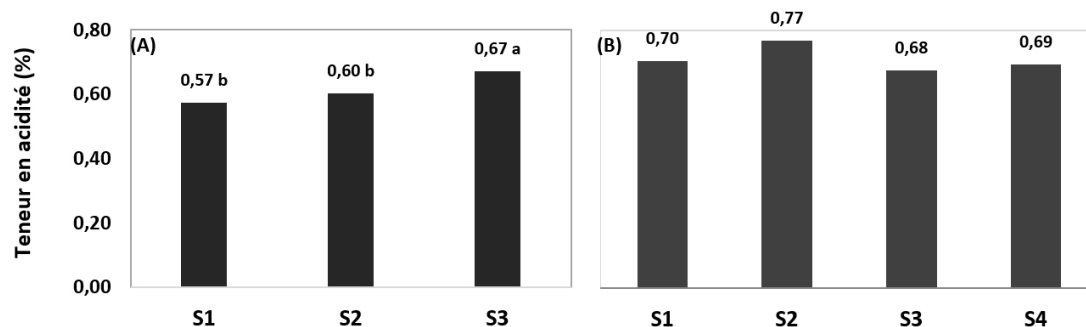


Figure 7: Effet de la solution nutritive sur la teneur en acidité des fruits de fraise récoltés dans l'essai (a) au champ (b en hors sol)

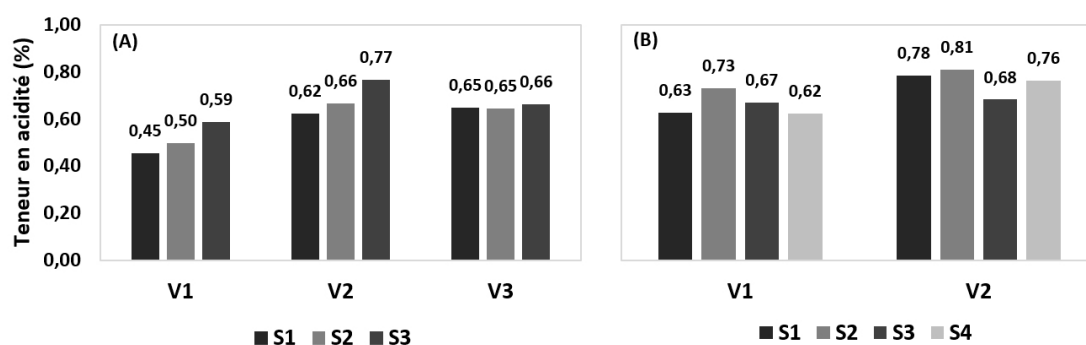


Figure 8: Effet de la variété sur la teneur en acidité des fruits de fraise en fonction de la solution nutritive dans l'essai (a) au champ (b) en hors sol

Ces résultats prouvent qu'un apport adéquat en potassium augmente le taux de matière sèche des fruits de fraise (Wuzhong, 2002). En effet, une carence en potassium déprime la photosynthèse des feuilles et le transport des assimilats et entraîne ainsi une forte diminution de la biomasse de tous les organes de la tomate (Kanai *et al.*, 2007).

Le potassium est un activateur métabolique général (Martin-Prevel, 1970), améliore la synthèse des glucides et produit de nouvelles cellules (Maynard, 1962). Morard et Raynal (1984) ont montré que la consommation en potassium était presque parallèle à la production de la matière sèche. Il a été démontré aussi par Nam *et al.* (2006) que l'augmentation de l'azote et du potassium dans les solutions nutritives entraînait une augmentation du pourcentage de la matière sèche des fruits de fraise.

CONCLUSION

Le rendement et la qualité des fruits de fraise, toutes variétés confondues, peuvent être améliorés grâce à un bon programme de fertilisation et à des doses combinées d'azote et de potassium. Dans notre expérimentation, les meilleurs paramètres de production et de qualité des fraises ont été obtenus avec un rapport K_2O/N élevé pendant la période végétative et faible pendant la période de production des fruits. En effet, ce programme de fertigation avec des ratios K_2O/N opposés à la pratique des agriculteurs a augmenté le taux de chlorophylle de 12,7%, le calibre des fruits de 9%, le rendement de 2,3 T / ha (6%), la teneur en sucre et la teneur en acidité des fruits de fraises de 13% et 15% respectivement.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akhtar M.E., Saleem M.T., Stauffer M.D. (2003). Potassium in Pakistan Agriculture. PARC, Islamabad, Pakistan. 80.
- Ali S., Hafeez A., Ma X., Atta Tung S., Liu A., Noor Shah A., Sohaib Chattha M., Zhang Z., Yang G. (2018). Potassium relative ratio to nitrogen considerably favors carbon metabolism in late-planted cotton at high planting density. *Field Crops Research*, 223: 48-56.
- Babicz S. (2002). Changes of yield amount and some content parameters of strawberry *Fragaria ananassa* as affected by potassium and magnesium fertilization. *Analele Universitatii in Oradea*, 223-228.
- Cakmak I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Soil Science*, 168: 521-530.
- Chow, K.K., Price, T.V., Hanger, B.C. (1992). Nutritional requirements for growth and yield of strawberry in deep flow hydroponic systems. *Scientia horticulturae*, 52: 95-104.
- El-Nemr M.A., Abd El-Baky M.M.H., Salman S.R., El-Tohamy W.A. (2012). Effect of Different Potassium Levels on the Growth, Yield and Quality of Tomato Grown in Sand-ponic Culture. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6: 779-784.
- Fageria V.D. (2001). Nutrient interactions in crop plants. *Journal of plant nutrition*, 24: 1269-1290.

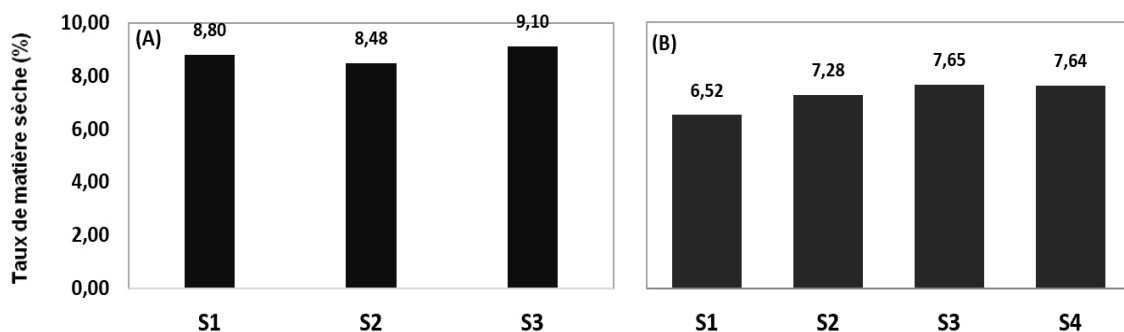


Figure 9: Effet de la solution nutritive sur le taux de matière sèche des fruits de fraise récoltés dans l'essai (a) au champ (b en hors sol)

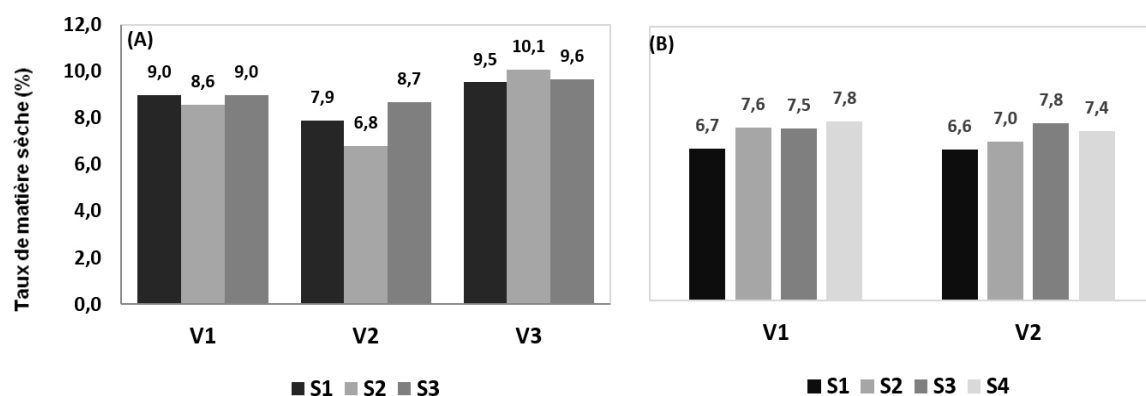


Figure 10: Effet de la variété sur le taux de matière sèche des fruits de fraise en fonction de la solution nutritive dans l'essai (a) au champ (b en hors sol)

- Hafeez A., Ali S., Ma X., Atta Tung S., Noor Shah A., Liu A., Zhang Z., Liu J. and Yang G. (2019). Sucrose metabolism in cotton subtending leaves influenced by potassium-to-nitrogen ratios. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 113: 201-216.
- Hamano M., Yamato Y., Yamazaki H., Miura H. (2002). Change in sugar contents and composition of strawberry fruit during development. *Acta Horticulturae*, 567: 369-372.
- Kanai S., Ohkura K., Adu-Gyamfi J.J., Mohapatra P.K., Nguyen N.T., Saneoka H., Fujita K. (2007). Depression of sink activity precedes the inhibition of biomass production in tomato plants subjected to potassium deficiency stress. *J. Exp. Bot.*, 58: 2917- 2928.
- Kering M.K., Butler T.J., Biermacher J.T., Mosali J. (2013). Effect of potassium and nitrogen fertilizer on switchgrass productivity and nutrient removal rates under two harvest systems on a low potassium soil. *BioEnergy Research*, 6: 329-335.
- Kikas A., Libek A. (2005). Influence of Temperature Sums on Growth and Fruit mass and Yield of Strawberry. *Europ. J. Hort. Sci.*, 70: 85-88.
- Lieten F., Misotten C. (1993). Nutrient uptake of strawberry plants (cv. Elsanta) grown on substrate. *Acta Horticulturae*, 348: 299-306.
- Lieten, P. (2006). Effect of K:Ca:Mg ratio on performance of 'Elsanta' strawberries grown on peat. *Acta Horticulturae*, 708: 397-400.
- Macit I., Koc A., Guler S., Deligoz I. (2007). Yield, quality and nutritional status of organically and conventionally-grown strawberry cultivars. *Asian Journal of Plant Sciences*, 6: 1131-1136.
- Marschner H. (1995). Mineral nutrition of higher. 2nd ed. Plants Academic Press, San Diego.
- Marschner P. (2012). Mineral nutrition of higher plants. 3 ed. London: Academic Press, 651 p.
- Martin-Prével, P. (1970). Développements récents des recherches sur la nutrition minérale des plantes fruitières tropicales et subtropicales. *Congrès International d'Horticulture*. Paris. 353-365.
- Maynard D.N. (1962). Influence of nitrogen levels on flowering and fruit set of peppers. *Proceedings of American Society for Horticulture Science*, 11: 385-389.
- Morard K., Raynal C. (1984). Nutrition control of strawberries hydroponically grow in vertical columns using percolate analysis. *ISOSC Proc. 6th Int. Congr.*, Lunerterne, 393-399.
- Nam M.H., Jeong S.K., Lee Y.S., Choi J.M., Kim H.G. (2006). Effects of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium nutrition on strawberry anthracnose. *Plant Pathology*, 55: 246-249.
- Rodas C.L., Pereira S.I., Toledo-Coelho V.A., Guimaries-Ferreira D.M., De Souza R.J., Ciuedes de Carvalho J. (2013). Chemical properties and rates of external color of strawberry fruits grown using nitrogen and potassium fertigation. *MESTA (Chile)*. 31: 53-58.
- Sánchez P.C. (2017). Determinación de las curvas de crecimiento y acumulación de nutrientes en la variedad Albion de fresa (*Fragaria x ananassa*) para establecer los requerimientos nutricionales de las plantaciones desarrolladas en la zona de Fraijanes, Cantón Central de Alajuela. Tesis para optar al grado de profesional de ingeniero agrónomo, Universidad de Costa Rica.
- Sarıdaş M.A., Paydaş Kargı S., Nogay G., Attar Sar Ş.H., daş M.A., Paydaş Kargı S., Nogay G., Attar Ş.H. (2018). Interrelation of plant nutrients of strawberry leaf samples under Mediterranean climate condition. *Acta Horticulturae*, 1217: 159-162.
- Shirko R., Nazarideljou M.J., Akbar M.A., Naser G. (2018). Photosynthetic reaction, mineral uptake, and fruit quality of strawberry affected by different levels of macronutrients. *Journal of Plant Nutrition*, 41: 1807-1820.
- Schwarz K., Vilela-Resende J.T., Pierozan-Junior C., Tauffer-de Paula J., Baier J.E. (in memorian), Ligia de Souza-Silva M., Brendler-Oliveira F. (2018). Yield and nutrition of greenhouse-grown strawberries (*Fragaria x ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier. cv. Camarosa) as affected by potassium fertilization. *Acta Agron.*, 67: 114-119
- Tagliavini M., Baldi E., Nestby R., Raynal-Lacroix C., Lieten P., Salo T., Pivot D., Lucchi P.L., Baruzzi G., Faedi W. (2004). Uptake and Partitioning of major nutrients by strawberry plants. *International Society for Horticultural Science*, 649:197- 200.
- Tagliavini M., Baldia E., Lucchic P., Antonellia M., Sorrentia G., Baruzzib G., Faedib W. (2005). Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*fragaria x ananassa* dutch.) Grown in soil and soilless culture. *European Journal of Agronomy*, 23: 15-25
- Tohidloo G., Kazem Souri M., Eskandarpour S. (2018). Growth and fruit biochemical characteristics of three strawberry genotypes under different potassium concentrations of nutrient solution. *Open Agriculture*, 3: 356-362.
- Winsor G.W. (1973). Nutrition. Tomato Manual. London.
- Wuzhong N. (2002). Yield and quality of fruits of solanaceous crops as affected by potassium fertilization. *Better Crops International*. 16:6 p
- Yagmur B., Okur B., Ongun B. (2004). Effects on enhanced potassium doses on yield quality and nutrient uptake of Tomato. IPI regional workshop on Potassium and Fertilization development in West Asia and North Africa. Rabat. Morocco. 24-28.
- Yan L., Jin F., Zheng P. (2004). Photosynthetic properties on four cultivars of strawberry. *Journal of Gansu Agricultural University*, 39: 620-624.
- Yoon H.S., An J.U., Hwang Y.H., An C.G., Chang Y.H., Shon G.M., Rho C.W. (2014). Improved fertilization strategy for strawberry fertigation culture. *Acta Horticulturae*, 1049: 521-528.